

стоинством данного метода. В некоторых случаях поставленная задача не требует высокой степени детализации, ДСЗ позволяет экономить ресурсы вычислительной техники за счет уменьшения детализации модели.

Схемы замещения позволяют рассчитывать динамические режимы работы, достаточно просто интегрируются в более сложные системы. Имеется возможность изменения степени детализации модели для каждой задачи. Модель корректно учитывает проявление краевых эффектов в ЛАД.

Решение экономического и социального вопросов с внутренней логистикой Российской Федерации в настоящее время может лежать в создании наземного монорельсового транспорта. При этом математическое моделирование ЛАД является неотъемлемой частью проектирования высокоскоростного монорельсового транспорта. Поэтому создание и совершенствование математических моделей ЛИМ весьма актуальны.

Список использованных источников

1. Веселовский О. Н. Линейные асинхронные двигатели / О. Н. Веселовский, А. Ю. Коняев, Ф. Н. Сарапулов. М. : Энергоатомиздат, 1991. 256 с.
2. Сарапулов Ф. Н. Математическое моделирование линейных индукционных машин на основе схем замещения: учеб. пособие / Ф. Н. Сарапулов, С. Ф. Сарапулов, П. Шымчак // //2-е изд., перераб. и доп. Екатеринбург : ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2005. 431 с.
3. Гоман В. В. Структурное моделирование тепловых процессов в электротермических установках / В. В. Гоман, С. М. Мезин, В. А. Прахт, С. Ф. Сарапулов, Ф. Н. Сарапулов, С. А. Федореев. Екатеринбург : УГТУ-УПИ, 2009. 343 с.
4. Иванушкин В. А. Структурное моделирование электромеханических элементов / В. А. Иванушкин, Ф. Н. Сарапулов, П. Шымчак. Щецин : [б. и.], 2000. 310 с.

УДК 621.313.333.821

Смольянов И. А., Швыдкий Е. Л., Сарапулов Ф. Н.
Уральский федеральный университет
adskiiibot36@gmail.com

ПОЛЕВЫЕ ПАКЕТЫ В МАТЕМАТИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОГО ЛИНЕЙНОГО ПРИВОДА

Аннотация. Одним из способов энергосбережения в отопительных системах электроснабжения ферм и теплиц является с помощью применение подвесных линейных электроприводов для осуществления внутреннего транспорта системы. Конкурентоспособность электропривода на основе линейной индукционной машины заключается в повышенном коэффициенте полезного действия и отсутствии дополнительных потерь в передаточных кинематических звеньях. В статье даны комментарии по корректности использования на стадии проектирования линейной индукционной машины полевых пакетов на основе метода конечных элементов.

Часть территории России обладает достаточно суровым климатом. Проблема снабжения людей свежими продуктами питания в зимнее время остро стоит в Российской Федерации. Необходимость получения свежего продукта заставляет фермеров выращивать продукты также и в зимнее время. Это часто является затратным, так как нужны отапливаемые теплицы большой площади. В них чаще всего большинстве случаев используют ручной транспорт (тележки) для перевозки удобрений, кормов и ряда других веществ по территории теплиц, что уменьшает производительность и увеличивает неэффективно использованную площадь.

Оптимизация использования энергии, предназначенной для отопления площади теплицы, включает в себя уменьшение неэффективных площадей. Внедрение подвешенного транспорта с линейным приводом может существенно уменьшить неэффективные площади за счет уменьшения размеров дорожек для перемещения тележек по теплице. Отсутствие кинематических звеньев, меньшее количество подвижных частей существенно повышает коэффициент полезного действия транспорта, а также уменьшает уровень шума в окружающей среде. Экологический чистый привод позволяет создавать качественную аграрную продукцию.

Век компьютеризации дал возможность решать сложные задачи математического моделирования линейных асинхронных двигателей (ЛАД) на основе методов конечных разностей и конечных элементов как одномерные, так и многомерные. Модели на основе МКЭ и МКР корректно учитывают влияния особенностей конструкции. В большинстве случаев данные методы рассчитывают статические модели линейной асинхронной машины, но при применении ряда модулей, возможно осуществить и динамическую постановку задачи.

В более ранних работах используются МКЭ в вариационной постановке и МКР в сочетании с методом Галеркина. В основе МКР лежит интерполяция Лагранжа, которая описывает векторный магнитный потенциал на интервале заданной конечно-разностной сетки с помощью весовых функций. МКЭ в вариационной постановке решают с постоянной корректировкой получаемых значений из-за ряда принимаемых ограничений.

Более современные способы моделирования ЛАД осуществляются с помощью полевых пакетов, например, Elcut, ANSYS и FemLab. Все три пакета являются универсальными, обладающими как достоинствами, так и недостатками. Например, Elcut не может решать трехмерные задачу плоского линейного двигателя. Сложность расчета проявляется, например, при одновременном решении магнитной и тепловой задачи, когда сталь магнитопровода греется и меняет свои свойства. ANSYS является наиболее функциональным из этих трех пакетов, но основной недостаток заключается в сложности интерфейса. Femlab объединяет достоинства Elcut и ANSYS, позволяет решать трехмерные задачи и обладает достаточно простым интерфейсом. Также он является приложением для Matlab и имеет возможность интегрироваться в динамические модели Simulink.

Результаты расчетов двухмерных моделей ЛИМ с помощью данных пакетов совпадают с высокой точностью, но при постановке задачи в этих пакетах

существуют некоторые расхождения, которые необходимо учитывать при анализе результатов. Источник магнитного поля Elcut и Femlab задается различными значениями, связано это с разной формулировкой задач в функциях пакетов. Аналогично при расчете электромагнитных сил существуют расхождения, также связанные с разной постановкой задачи.

ЛАД является несимметричной машиной, для корректного анализа ее характеристик необходимо построение трехмерной модели, либо корректировка свойства двумерной модели с помощью коэффициентов, учитывающих краевые продольный, и поперечный, а также толщинный эффекты. Поэтому расчеты полученные с их помощью характеристики желательно сравнивать с результатами физических экспериментов, а также расчетов с помощью детализированных схем замещения и двумерных моделей.

Современные пакеты в большинстве случаев достаточно упрощают математические выкладки и экономят время, необходимое для создания расчётной модели. Применительно к ЛИМ данный математический аппарат не всегда корректно учитывает все свойства, поэтому при создании модели с использованием полевых пакетов необходимо применять комментарии с принятыми допущениями и желательно сравнение с аналитическими результатами.

Развивающийся аграрный сектор Российской Федерации для становления конкурентоспособным на внутреннем и мировом рынке в настоящее время нуждается в экономии денежных средств. Эффективное использование отопительных систем одна из возможностей аккумулировать денежные средства в собственный капитал. Предложенное решение рационального использования отапливаемых площадей, уменьшая неэффективные зоны за счет внедрения подвесных линейных приводов, требует разработать методики расчета характеристик и программные средства для проектирования тяговых линейных двигателей этих новых транспортных систем.

Список использованных источников

1. Мишуков С. В. Применение линейных электрических двигателей / No. 04 (16) [Электронный ресурс]. URL: <http://nauka-rastudent.ru/16/2525/> (дата обращения 13.11.2015).
2. Сидоров О. Ю., Сарапулов Ф. Н., Сарапулов С. Ф. Методы конечных элементов и конечных разностей в электромеханике и электротехнологии. М. : Энергоатомиздат, 2010.- 311с. ISBN 5-88151-529-3.
3. Фризен В. Э., Черных И. В., Бычков С. А., Тарасов Ф. Е. Методы расчета электрических и магнитных полей: учебный комплект. Екатеринбург : УрФУ, 2014. 176 с.
4. Сарапулов Ф. Н., Сарапулов С. Ф., П. Шымчак. Математическое моделирование линейных индукционных машин на основе схем замещения: учебное пособие//2-е издание, перераб. и дополн. Екатеринбург : ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2005. 431 с. ISBN 5-321-00716-0.
5. Ямамура С. Теория линейных асинхронных двигателей. Л. : Энергоатомиздат, 1983. 180 с.
6. Епифанов А. П. Научные основы создания тяговых линейных асинхронных двигателей.: дис. ...д-р. техн. наук. 05.09.01 / Урал политехн. ин-т. Екатеринбург, 1992.